



## Revisión de Artículos

**Francisco Clemente\***

Comité de Redacción.

Estimados amigos,

Para este número contamos con una selección de cinco interesantes comentarios sobre trabajos científicos publicados en revistas internacionales de nuestro campo de reconocido prestigio, pertenecientes a los ámbitos de radioterapia, medicina nuclear, diagnóstico por imagen y protección radiológica.

En el primero de ellos, Carmen Ruiz nos presenta la búsqueda de algoritmos de recalibración referidos a la dosimetría con películas radiocrómicas, siendo aplicables a cualquiera de las respuestas de las películas habituales. El segundo de ellos, ofrecido por Fernando Mañeru, muestra un interesante método para la prescripción y estimación de dosis absorbida en tratamientos de radioembolización con microesferas de Y-90, permitiendo la estimación de la dosis a tumor e hígado sano mediante el cálculo de la relación de captación tumor-tejido a partir de un estudio SPECT-CT realizado unos días antes del tratamiento. El siguiente trabajo, presentado por Pedro Arce, muestra la aplicación de métodos Monte Carlo mediante Geant4 al caso de un acelerador, con la particularidad de estudiar los muchos parámetros que ofrece este código para elegir aquellos que proporcionan mayor precisión o mayor velocidad de cálculo, frente a estudios previos que se conforman con errores estadísticos de la simulación Monte Carlo demasiado elevados. Para el cuarto de los estudios presentados, hemos seleccionado el trabajo de Eloy García, que muestra una revisión de todas y cada una de las partes del problema de registro multimodal entre imágenes de resonancia magnética de pecho y mamografía. Dada la trascendencia de las técnicas de imagen en los programas de cribado de cáncer de mama, la fusión de información de diferentes modalidades de imagen médica es un reto para los radiólogos, especialmente entre dos modalidades tan dispares como la RM y la mamografía. Para solventar esta dificultad, se muestra el desarrollo de técnicas automáticas de registro en las dos modalidades. En el último de los estudios, Blanca Ibáñez nos propone un trabajo en el ámbito de la protección radiológica, con el estudio del blindaje exigido para las barreras de la sala de tratamiento en el caso particular de un equipo de braquiterapia electrónica.

Esperamos que los trabajos presentados sean de vuestro agrado. Muchas gracias a todos, especialmente a los autores que han contribuido a la realización de esta sección.

\* Correspondencia  
Email: pclementegutierrez@gmail.com



## On the re-calibration process in radiochromic film dosimetry

Ruiz-Morales C, Vera-Sánchez JA, González-López A  
Phys Med 2017;42:67-75.

### Carmen Ruiz Morales

PhD Programme in Physics and Space Science of the University of Granada.  
[crm.radiofisica@gmail.com](mailto:crm.radiofisica@gmail.com)

---

#### ¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

La película radiocrómica es un dosímetro utilizado habitualmente en la realización de verificaciones de tratamientos y en el “comisionamiento” de algunas técnicas de tratamiento. Su equivalencia al agua, débil dependencia con la energía y alta resolución espacial hacen de ella un dosímetro adecuado en la práctica clínica. Por contra, las variabilidades del escáner y las inhomogeneidades de la película introducen artefactos que reducen la exactitud y precisión de los resultados. Para corregir los efectos inter-scan, intra-lote y auto-ennegrecimiento disponemos de dos métodos de corrección. Uno es el “Protocolo Eficiente” de Lewis et al. que corrige las curvas sensitométricas a partir de trozos de la misma película irradiados a dosis conocidas y digitalizados junto con ésta. Este método solo es aplicable cuando se utilizan como variables sensitométricas la dosis y el valor de píxel normalizado. El otro método corrige la lectura de una película utilizando un factor multiplicativo obtenido a partir de la lectura de un trozo de control, común para todas las películas del mismo lote.

Esta situación nos motivó a buscar un algoritmo que fuera aplicable a todas las posibles variables utilizadas habitualmente como respuesta de la película radiocrómica. Además consideramos necesario hacer una evaluación y comparativa de los algoritmos de corrección para comparar los niveles de exactitud que alcanzan y cómo se comportan.

#### ¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

El reto principal fue idear algoritmos de recalibración que fueran sencillos de implementar, que se puedan aplicar a todas las respuestas de las películas habituales y fueran independientes de la forma de la curva sensitométrica. Asimismo, los algoritmos debían obtener resultados con al menos el mismo nivel de exactitud y precisión que el publicado por Lewis.

#### ¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

Se han desarrollado dos algoritmos de recalibración que permiten utilizar cualquiera de las respuestas de las películas habituales. En todos los casos se mitiga el efecto intra-lote en todo el rango de dosis habitual, se corrige el efecto inter-scan y se compensa la sobre-respuesta debida al tiempo post-exposición. Los nuevos algoritmos obtienen resultados con el mismo nivel de precisión y exactitud que el algoritmo de recalibración de Lewis para todos los protocolos. Además observamos que el método de corrección, que usa un solo trozo de control, mitiga las variabilidades pero no consigue los mismos niveles de precisión y exactitud que los algoritmos de recalibración.

#### ¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Para realizar dosimetría absoluta con película radiocrómica, es necesario utilizar métodos de recalibración que corrijan la variabilidad de las respuestas de película y digitalizador. Los métodos desarrollados en este trabajo permiten aplicarse a los diferentes protocolos de calibración, independientemente de las funciones sensitométricas o de las variables sensitométricas utilizadas, para así mejorar tanto la exactitud como la precisión de la dosimetría.



## Dosimetry and prescription in liver radioembolization with $^{90}\text{Y}$ microspheres: 3D calculation of tumor-to-liver ratio from global $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA SPECT information

Mañeru F, Abós D, Bragado L, Fuentemilla N, Caudepón F, Pellejero S, Miquelez S, Rubio A, Goñi E, Hernández-Vitoria A  
Phys Med Biol 2017;62:9099-111.

### Fernando Mañeru Cámara

Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica, Complejo Hospitalario de Navarra, Pamplona.  
[fernando.maneru.camara@cfnavarra.es](mailto:fernando.maneru.camara@cfnavarra.es)

---

#### ¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

En el hospital empleamos el método de partición desde hace varios años para la prescripción y estimación de dosis absorbida en tratamientos de radioembolización con microesferas de  $^{90}\text{Y}$ . Este método permite la estimación de la dosis a tumor e hígado sano mediante el cálculo de la relación de captación tumor-tejido (T/N) a partir de un estudio SPECT-CT realizado unos días antes del tratamiento, tras la administración vía arteria hepática de  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  marcado con macroagregados de albúmina. Al aplicar el método de partición, frecuentemente surgían dudas respecto al trazado de las regiones de interés sobre las áreas tumorales, que puede dar resultados muy variables en función de la persona que lo realice. Habíamos desarrollado un método de dosimetría al nivel de vóxel, pero no lo usamos de rutina puesto que requiere bastante tiempo y recursos, mientras que la información que proporciona no se aprovecha mucho más que la del método de partición. Esto último se debe a la escasez de datos disponibles aún sobre los límites de dosis a órganos de riesgo o la dosis objetivo al tumor en este tipo de tratamientos. Surgió la idea de desarrollar una mejora del método de partición, empleando todo el estudio SPECT previo al tratamiento buscando a la vez una segmentación de tumor más reproducible.

#### ¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

Desarrollamos un programa con código Python que determina los umbrales de captación del estudio SPECT para poder segmentar los volúmenes y obtener la relación T/N de una forma global. Aparte del trabajo de programación, el decidir la mejor forma de delimitar al tumor también nos causó quebraderos de cabeza. Exploramos varias posibilidades para ello: usar las imágenes CT de la gammacámara, registrar ese estudio con un CT de diagnóstico o realizar una segmentación automática en el mismo SPECT. Por varios motivos descritos en el artículo consideramos que la mejor opción era usar la volumetría sobre CT o RM de diagnóstico, de la que siempre se dispone antes del tratamiento, e incluir la zona de mayor captación tumoral en un volumen igual al obtenido en esa volumetría. Validamos el método comparándolo con el método de partición estándar (basado en la selección de regiones de interés en zonas sanas y tumorales) y con el cálculo de dosis al nivel de vóxel (usando la convolución de un núcleo de deposición con la matriz de actividad). Disponer de ambos modos de cálculo implantados previamente en el hospital nos permitió realizar la comparación y por lo tanto llevar a cabo el estudio.

#### ¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

Al ser el volumen un dato de partida, el método es totalmente reproducible y no depende del usuario. Los resultados dosimétricos son muy parecidos a los obtenidos por convolución -para el rango de incertidumbre habitual, en la estimación de dosis en este tipo de tratamientos, donde se usa sólo la dosis media, podemos considerarlos equivalentes- y el proceso es mucho más sencillo, casi inmediato. En cambio, obtuvimos valores muy diferentes respecto del método de partición estándar, poniéndose de manifiesto algunas debilidades de éste último. Creemos que el número de casos candidatos a este método es mayor que el de los aptos para el método de partición estándar. No obstante, las limitaciones en calidad de imagen del SPECT condicionan enormemente la cuantificación de la dosis, tanto con este como con el resto de métodos disponibles.

#### ¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Mientras no se establezca una evidencia sólida de la relación dosis-efecto basada en parámetros más sutiles que la dosis promedio y no se generalice la dosimetría al nivel de vóxel, el método de partición es la alternativa.

Disponer de un método reproducible y sencillo como este puede contribuir a la generalización de la prescripción personalizada y basada en dosis absorbida. Aquellos centros que ya empleen el método de partición quizá puedan aplicarlo a un mayor número de pacientes.



## CPU time optimization and precise adjustment of the Geant4 physics parameters for a VARIAN 2100 C/D gamma radiotherapy linear accelerator simulation using GAMOS

Arce P, Lagares JI  
Phys Med Biol 2018;63:035007.

### Pedro Arce Dubois

Departamento de Tecnología, División de Instrumentación Científica, Unidad de aplicaciones Médicas, Centro de Investigaciones Energéticas, MedioAmbientales y Tecnológicas (CIEMAT), Madrid, Spain.

[pedro.arce@ciemat.es](mailto:pedro.arce@ciemat.es)

---

### ¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

Como ha sido demostrado por multitud de autores, la simulación Monte Carlo es la que ofrece una mayor precisión en el campo del cálculo de dosis para tratamientos de radioterapia. Entre los códigos de simulación Monte Carlo, Geant4 se ha convertido en los últimos años en el más utilizado, y en particular en el campo de la radioterapia, cuenta con un número creciente de usuarios. Sin embargo, antes de utilizar un código de simulación Monte Carlo en radioterapia es necesario ajustar los parámetros del haz y los propios parámetros internos del código a los datos experimentales de espectros de dosis, de modo semejante a como se hace para un software de planificación comercial.

Aunque han sido muchos los trabajos que validan la simulación de diferentes tipos de aceleradores, incluidos los que lo hacen usando Geant4, dichos trabajos se conforman con unos errores estadísticos de la simulación Monte Carlo demasiado elevados, superiores habitualmente a la ventaja cuantitativa que en principio ofrecen estos códigos frente a los software de planificación comercial. Además, en el caso de la simulación con Geant4, ningún trabajo previo ha hecho un estudio de los muchos parámetros que ofrece este código para elegir aquellos que proporcionan mayor precisión o mayor velocidad de cálculo.

### ¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

El principal reto fue el conseguir una elevada precisión en la validación de la simulación. Para ello exigimos una precisión en el cálculo de dosis con Monte Carlo del orden de 0.5%, y a la vez utilizamos una elevada cantidad de datos experimentales de dosis: dosis en profundidad y perfiles a cuatro profundidades con 8 aperturas de campos, de  $2 \times 2$  cm a  $40 \times 40$  cm, con medidas separadas 2 mm.

Otro reto fue la elevada cantidad de parámetros de Geant4, cada uno con varias opciones, exigiendo además en algunos casos precisiones por debajo del 0.5% requerido como precisión final. Para ello fue necesario utilizar todas las técnicas de optimización que proporciona Geant4 y desarrollar algunas nuevas optimizadas para este caso. Incluso con estas optimizaciones el número de horas de simulación requeridas se elevó a más de 500,000.

Todo esto fue facilitado grandemente con el uso de GAMOS, una aplicación diseñada para hacer fácil y flexible el uso de Geant4, cuya robustez ha sido probada por los más de 2,500 usuarios registrados.

### ¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

El primer resultado relevante ha sido el ajuste de la simulación del acelerador con GAMOS a los datos experimentales con una elevada precisión, considerablemente por debajo de la recomendada por el informe ICRU 42: índice gamma 2%/2 mm.

En segundo lugar se han desarrollado diferentes técnicas de reducción del tiempo de cálculo para simulaciones de radioterapia, con las cuales se ha conseguido una reducción en un factor de más de 500.

Por otro lado se han investigado todos los diversos parámetros de la física electromagnética de Geant4 que pueden tener alguna significación en el cálculo de dosis de tratamientos de radioterapia, encontrando que hay varios que cambian sustancialmente los espectros de dosis, como la elección entre los tres conjuntos de modelos, Standard, Livermore o Penelope, o los modelos de distribuciones angulares de *bremstrahlung*.

### ¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Después de más de 20 años de uso de Geant4, por primera vez se ha hecho una optimización detallada de los muchos parámetros de la física electromagnética que ofrece este código para simulaciones de radioterapia, proporcionando a la comunidad de usuarios una lista completa de dichos parámetros.

Además se han desarrollado y puesto a disposición libre de la comunidad científica mediante la aplicación GAMOS varias técnicas de optimización del cálculo de dosis en tratamientos de radioterapia, que consiguen disminuir dicho tiempo en casi tres órdenes de magnitud.



### A step-by-step review on patient-specific biomechanical finite element models for breast MRI to x-ray mammography registration

García E, Diez Y, Diaz O, Lladó X, Martí R, Martí J, Oliver A  
Med Phys 2018;45:e6-e31.

#### Eloy García Marcos

Institut de Recerca en Visió per Computador i Robòtica, Campus Montilivi, Girona.  
[eloygm82@gmail.com](mailto:eloygm82@gmail.com)

---

### ¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

Una de cada ocho mujeres padecerá cáncer de mama en algún momento durante el transcurso de su vida, según las estadísticas de la Organización Mundial de la Salud. La implementación de programas de cribado es esencial para el diagnóstico precoz, siendo la mamografía de rayos X la principal prueba de imagen realizada con este fin. Sin embargo, otras modalidades de imagen médica como la imagen por resonancia magnética (RM) o por ultrasonidos pueden proveer de información complementaria a los médicos y radiólogos, conllevando un diagnóstico más preciso y, por ende, un tratamiento más efectivo de la enfermedad.

Para los radiólogos, la fusión de información de diferentes modalidades de imagen médica es un reto, especialmente entre dos modalidades tan dispares como la RM y la mamografía. Para solventar esta dificultad, en esta tesis hemos estudiado y desarrollado técnicas automáticas de registro en las dos modalidades. Estas propuestas suelen requerir de la construcción de un modelo biomecánico a partir de las imágenes RM de un paciente, mientras que la simulación realista de la compresión realizada durante la mamografía se realiza mediante un análisis por elementos finitos.

Estos procesos de registros requieren de experiencia en múltiples campos: segmentación de imágenes, modelos biomecánicos, características elásticas de los tejidos, simulaciones por elementos finitos y correlación de la información. Los requerimientos técnicos y cualitativos en cada paso del proceso bien merecían una profunda revisión y, al mismo tiempo, realizar una descripción de las posibles aplicaciones que el proceso de registro tiene dentro de la práctica clínica.

### ¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

En particular, nuestro artículo trata de revisar todas y cada una de las partes del problema de registro multimodal entre imágenes de resonancia magnética de pecho y mamografía. Partiendo de la construcción del modelo biomecánico, que incluye el tratamiento y segmentación de las imágenes RM, la construcción de la malla de elementos finitos adecuada así como los métodos para cuantificar la precisión y calidad de estos métodos, hasta la física subyacente a la deformación mecánica, parámetros elásticos e hiperelásticos de los tejidos de la mama,

expuestos en la literatura, y las cargas, fuerzas y condiciones de contorno necesarias para resolver el problema mecánico. Igualmente, con la intención de llenar el espacio entre la ingeniería y la práctica clínica, se exponen los métodos de registro y aspectos técnicos y médicos para su validación.

El proceso de revisión llevado a cabo incluyó artículos de todas las ramas necesarias. Categorizar cada artículo según su temática sin relativizar su importancia con respecto al resto supuso un reto. La extracción de los modelos paciente-específico así como las simulaciones de elementos finitos y las transformaciones requeridas para el registro requirieron una mayor atención al detalle. Además de la revisión detallada, este trabajo fue llevado a cabo en paralelo con el desarrollo de nuestro propio *framework* de registro, lo cual nos sirvió para probar los diversos software y sus ventajas e inconvenientes. De nuestras experiencias y nuestras dificultades se fue formando este artículo, mezcla de la revisión literaria del problema de registro multimodal y de la experiencia propia.

### **¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?**

Con respecto a otras revisiones, nuestro trabajo se centra en el registro multimodal, evitando otros problemas en los que son utilizados modelos biomecánicos paciente específico, como registro prono-supino de imágenes RM, o el registro multimodal 3D-3D (RM-TAC, RM-ABUS,...). Eso nos permitió adentrarnos más profundamente en cuestiones que parecían sólo ligeramente expuestas en otros trabajos, como son la generación de una mamografía sintética a partir de las RM, los requerimientos del modelo biomecánico para una alta calidad de la simulación y las posibles aplicaciones clínicas, así como para realizar un pequeño estado del arte del software necesario.

Además, durante el desarrollo de nuestro *framework* de registro de imágenes y las pruebas realizadas con los diversos software de imagen médica y elementos finitos, tanto comerciales como de código abierto, pudimos establecer que los requerimientos, aunque todavía costosos, pueden verse reducidos. La utilización de nuevas tecnologías, como el procesamiento en paralelo, utilizando el potencial de las tarjetas gráficas (GPU en inglés), y una implementación eficiente puede reducir el tiempo necesario para el registro de las imágenes.

### **¿Cuáles son las repercusiones del estudio?**

El registro entre imágenes RM de pecho y la mamografía es un proceso que no se lleva a cabo, actualmente, en el ámbito clínico. El alto coste computacional de las simulaciones de la compresión así como la falta de un criterio para establecer la situación óptima del modelo biomecánico sin un complejo proceso de optimización, hace que el proceso requiera más tiempo del adecuado para que sea factible su aplicación en la práctica médica. Sin embargo, el hecho de poder establecer una correlación entre áreas susceptibles y/o lesiones entre las dos modalidades de imagen puede suponer un gran avance en el ámbito clínico. Sin ir más lejos, diversos ejemplos como el registro entre RM y mamografía han sido presentados en la literatura para el seguimiento de lesiones, registro temporal o entre distintas proyecciones de mamografía.

Nuestro análisis del software disponible, así como nuestra experiencia en el campo, nos está demostrando que la aplicación en la práctica clínica puede estar cerca. El adecuado conocimiento de las técnicas, tanto de la física como de matemática de la simulación, así como de las herramientas a nuestro alcance, reducirá el tiempo necesario del registro multimodal, pudiendo proveer a médicos y radiólogos de una nueva herramienta de información para el diagnóstico de cáncer de mama.



## Evaluation of the shielding in a treatment room with an electronic brachytherapy unit

Ibáñez-Roselló B, Bautista-Ballesteros JA, Candela-Juan C, Villaescusa JJ, Ballester F, Vijande J, Pérez-Calatayud J  
J Radiol Prot 2017;37:N5-N12.

### Blanca Ibáñez Roselló

Unidad de Radiofísica, Servicio de Oncología Radioterápica, Hospital Universitari i Politècnic La Fe de Valencia.

[blanca.ibanez.rosello@gmail.com](mailto:blanca.ibanez.rosello@gmail.com)

### ¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

En 2011 se introdujo en nuestro hospital el equipo de braquiterapia electrónica *Esteya* (Elekta), destinado al tratamiento de lesiones de piel no melanoma. Este equipo consta de una fuente de rayos X de 69.5 kVp y un conjunto de aplicadores superficiales que producen campos de radiación circulares de 1 cm a 3 cm de diámetro. Una ventaja fundamental de este equipo frente otras unidades de tratamiento, como la braquiterapia de alta tasa, es su menor exigencia en materia de protección radiológica, donde destaca la escasa necesidad de blindaje y la rapidez en la administración del tratamiento. No obstante, al introducir *Esteya* en nuestro centro, nos planteamos cuál sería el mínimo espesor de blindaje exigido para las barreras de la sala de tratamiento en la que fuera a ubicarse el equipo y quisimos determinar si sería aceptable desde el punto de vista de la protección radiológica que hubiese en la sala un acompañante, en el caso que su presencia fuese estrictamente necesaria.

### ¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

Según nuestro conocimiento, la tasa de dosis equivalente debida a la radiación secundaria de *Esteya* no había sido medida hasta ese momento. Por ello, en primer lugar, fue necesario preparar un experimento para medir dichos valores a diferentes distancias respecto a la superficie del tubo. Para medir la radiación secundaria, el paciente fue simulado mediante un maniquí de material sólido equivalente a agua, mientras que la fuga se evaluó fijando una plancha de plomo de 2 cm de grosor a la salida del haz de radiación.

El blindaje de la habitación se estimó siguiendo las directrices americanas, concretamente la NCRP 147, y europeas, como la guía española 5.11 del Consejo de Seguridad Nuclear y la metodología propuesta por Martin CJ y Sutton DG aplicada en Reino Unido. Siguiendo las guías británicas, además del límite de dosis semanal al otro lado de la barrera, se estableció un límite instantáneo de tasa de dosis (7.5  $\mu$ Sv/h). Los espesores de los blindajes fueron diseñados para cumplir con ambas especificaciones (limitación semanal e instantánea). Además, el espesor de las barreras primarias (suelo y paredes) se calculó considerando y sin considerar la atenuación debida al paciente, dado el notable gradiente de dosis en profundidad de este equipo, de un 7%/mm.

### ¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

La tasa de dosis equivalente debida a la radiación secundaria de *Esteya* oscila entre 17 mSv/h a 0.25 m de distancia de la fuente de rayos X y 0.1 mSv/h a 2.5 m. La radiación de fuga representa el 0.24% de la misma, por lo que puede considerarse despreciable.

Para las distintas hipótesis y configuraciones evaluadas, el espesor de blindaje calculado fue inferior a 2 mm Pb para todas las barreras. Por tanto, los requisitos de blindaje para *Esteya* son mínimos, lo cual facilita la integración de este equipo en las salas de rayos X convencionales.

La dosis equivalente profunda absorbida por un acompañante situado a 0.5 m del paciente es inferior a 2 mSv después del tratamiento completo de 42 Gy en 6 fracciones. Se ha estimado que el uso del delantal plomado de 0.5 mm Pb disminuye esta dosis en más de un 85% para la energía de *Esteya*.

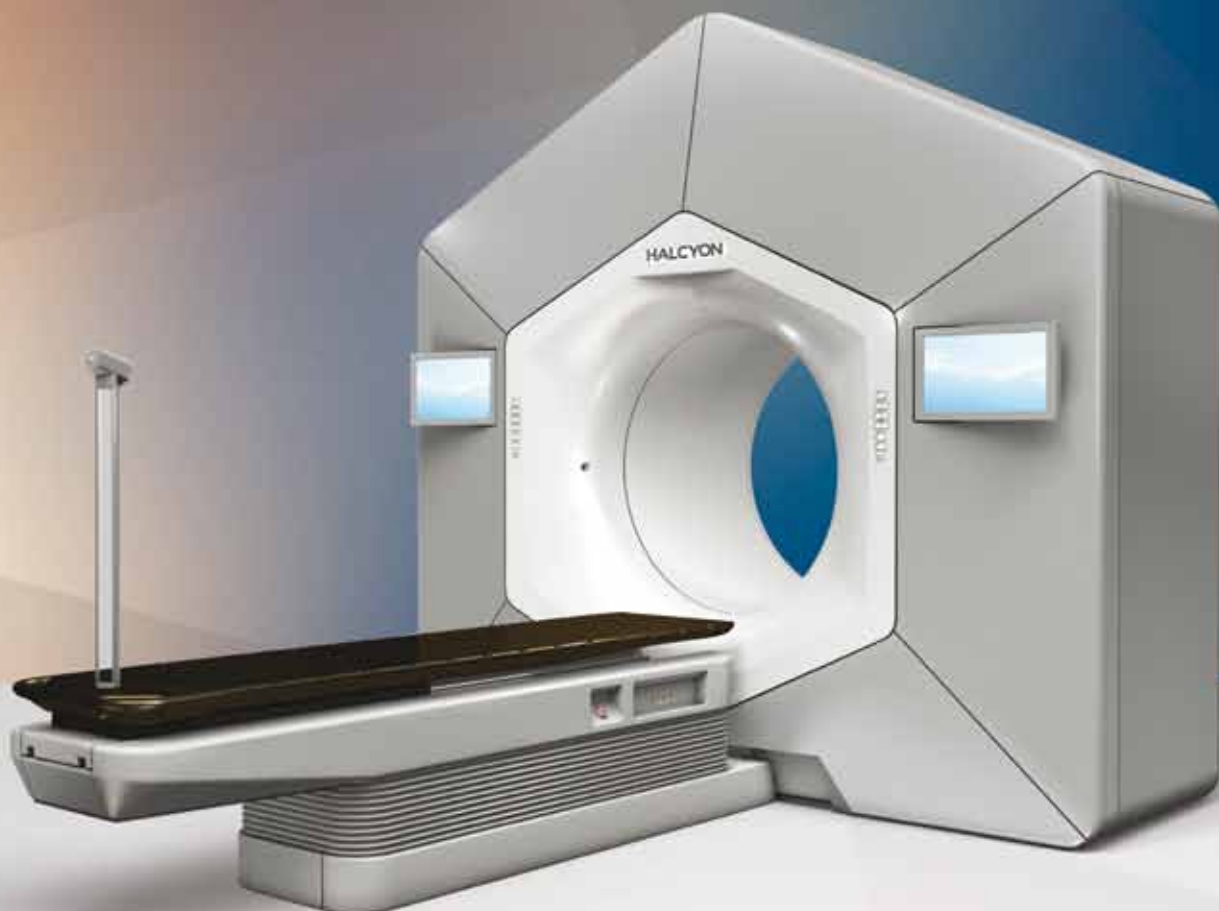
### ¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

En este estudio se ha comprobado que la inclusión de *Esteya* en un centro conlleva unos requisitos mínimos de blindaje para las barreras de la habitación de tratamiento que vaya a albergar el equipo, lo cual facilita su integración en salas de rayos X convencionales. En casos muy excepcionales, se puede considerar oportuna la

presencia de un acompañante en la sala durante el tratamiento, siempre que esté debidamente justificada y optimizada mediante el uso de delantal plomado, protector de tiroides y gafas plomadas. Ambas conclusiones, favorecen la integración de *Esteya* en cualquier centro.



# HALCYON LO CAMBIA TODO



Varian está transformando la radioterapia desde todas las perspectivas. Con el sistema Halcyon, hemos diseñado una plataforma de tratamiento que combina: un alto nivel de atención al paciente, excelencia operacional y un diseño centrado en las personas, en un dispositivo compacto y a la vez muy potente. Esto supone, que es un sistema cómodo para los pacientes, intuitivo para los profesionales y transformador para las clínicas.

Más información: [Varian.com/Halcyon](http://Varian.com/Halcyon)

Información de seguridad: La radiación puede causar efectos secundarios y puede no ser apropiada para todos los tipos de cáncer.

© 2017 Varian Medical Systems, Inc y Varian Medical Systems son marcas registradas. Halcyon es una marca registrada de Varian Medical Systems, Inc.

**varian**